PHYSIQUE | CHIMIE BIOLOGIE | INGÉNIERIE

LD DIDACTIC

08/13-W07-Hund



Mode d’emploi 554 821

Module de tomodensitométrie (554 821)

1 Volet de fermeture
2 Ouverture pour l’écran fluorescent avec bague d’étanchéité
3 Caméra
4 3 vis de réglage
5 Connexion USB vers le PC
6 Connexion USB vers l’appareil à rayons X
7 Sortie vidéo analogique
8 Alimentation secteur

Remarques de sécurité

Le module de tomodensitométrie et le logiciel ont été conçus pour l'enseignement et la formation dans les établissements scolaires et universitaires. Les valeurs déterminées et représentations correspondantes n'ont aucune validité médicale.

L'appareil à rayons X doit seulement être utilisé conformément au mode d'emploi qui l'accompagne.

Le module de tomodensitométrie répond aux normes de sécurité pour les appareils électriques de mesure, de commande, de régulation et de laboratoire selon DIN EN 61010 1ère partie et est construit selon la classe de protection I. Il est prévu pour une utilisation dans des locaux secs, appropriés pour les dispositifs ou les installations électriques.

Un fonctionnement sans danger de l’appareil est garanti pour un emploi réglementaire. La sécurité n’est par contre plus garantie si l’appareil n’est pas manipulé correctement ou bien s’il est maltraité. Lorsqu’une utilisation sans danger semble ne plus être possible, immédiatement mettre l’appareil hors service (par ex. en cas de dommages visibles).

- Avant la première mise en service, s’assurer que la valeur imprimée de la tension secteur sur la plaque signalétique (au dos du boîtier) coïncide bien avec la valeur du réseau local.
- Avant de mettre l’appareil en service, s’assurer du bon état du boîtier. En cas de dysfonctionnements ou de dommages visibles, mettre l’appareil hors service et le protéger contre toute utilisation involontaire.
- Ne brancher l’appareil qu’à des prises de courant dotées d’un neutre relié à la terre et d’un conducteur de protection.
- Ne remplacer un fusible défectueux que par un fusible ayant le même ampérage que le fusible original.
- L’appareil ne peut être ouvert que par un électricien agréé.

1 Description

Le module de tomodensitométrie (554 821) permet de reconstruire en quelques minutes la géométrie tridimensionnelle d'un objet à partir de la façon dont les rayons traversant celui-ci sont absorbés suivant leurs angles de pénétration. Déjà pendant l'acquisition scanner, le logiciel Tomodensitométrie fourni avec le module visualise le procédé de reconstruction en deux ou trois dimensions, au choix. L’acquisition scanner étant terminée, l'objet en 3D complet peut être immédiatement visualisé via le recours aux fonctionnalités disponibles (rotation, zoom, effets de transparence, coupes, éclairage similaire au modèle du tracé de rayons d'Heidelberg).

Malgré la méthode de mesure simple et la faible énergie de rayonnement X (35 keV) d'un appareil à rayons X pour l'enseignement, on obtient des séries d'images tomodensitométriques haute résolution de différents objets qui permettent une évaluation qualitative et quantitative. L'accent est mis ici sur la préparation didactique de l'acquisition scanner et l'exploitation des coupes.

Un appareil à rayons X adapté et un ordinateur performant sont également nécessaires.

Caractéristiques techniques

Fixation de l’objet :	sur le goniomètre de l’appareil à rayons X
Dimensions max. de l’objet :	env. 8 x 8 x 8 cm³
Résolution de l’objet :	env. 0,25 mm
Résolution angulaire :	1 à 720 projections par série d’images TDM
Taille de la série d’images TDM :	200 à 340 pixels par dimension
Connexion à l’ordinateur :	port USB 2.0
Connexion de l’appareil à rayons X :	port USB 2.0
Sortie vidéo séparée :	Cinch (CCIR)

Alimentation secteur :	230 V, 50/60 Hz
Dimensions (l x H x P) :	53 cm x 34 cm x 24,5 cm
Masse :	13,5 kg

Fournitures

Module de tomodensitométrie

Logiciel Tomodensitométrie

Objet (petit animal séché, une grenouille par ex.)

Cuve (par ex. pour de l’eau)

Porte-objet avec support en polystyrène et élastiques

Câble USB

Accessoires

Adaptateur lego (554 825)
Accessoires pour la tomodensitométrie (554 826)
Lunettes rouge et cyan (554 827

Exigences minimales pour l’appareil à rayons X

L'appareil à rayons X doit être compatible avec le module de tomodensitométrie utilisé, par ex. :

- appareil à rayons X, Mo (554 801 ou 554 811USB), tube au molybdène et goniomètre inclus

L'appareil à rayons X (554 81) avec port série n'est pas utilisable.

Le tube à rayons X utilisé est responsable de l'intensité des images projetées sur l'écran fluorescent. Nous recommandons par conséquent d'utiliser un tube au tungstène ou or:

- appareil de base à rayons X (554 800)
- goniomètre (554 831)
- tube à rayons X, W (554 864) ou Au (554 866)

ou

- appareil à rayons X, Mo (554 801), goniomètre inclus
- tube à rayons X, W (554 864) ou Au (554 866)

Firmware de l’appareil à rayons X

Le firmware de l’appareil à rayons X doit lui aussi être compatible avec le module de tomodensitométrie :

- pour 554 801 : version 1.03.A-2.2 ou plus récente
- pour 554 811USB : version 3.03 ou plus récente

La version est visualisée dans les réglages du logiciel.

Le firmware actuel est inclus au programme « Appareil à rayons X » disponible sous http://www.ld-didactic.com/software/xrsetup.exe.

Exigences informatiques minimales

L'acquisition en temps réel et l'exploitation d’une série d’images tomodensitométriques impliquent une très grande puissance de calcul du processeur et de la carte graphique. Malgré le degré d'optimisation élevé des algorithmes utilisés, les exigences minimales à satisfaire sont les suivantes :

- Windows XP SP2 ou Windows Vista/7/8 (32 bits ou 64 bits)
- processeur Dual-Core 2 GHz
- 2 Go de RAM
- carte graphique 3D (Nvidia GT 610 / AMD HD 6450 ou supérieur)
- port USB 2.0
- lecteur DVD

Pour de plus grandes séries d’images tomodensitométriques, nous vous recommandons une plus grande puissance de calcul :

- Windows Vista/7/8 (32 bits ou 64 bits)
- processeur Quad-Core 2,4 GHz
- 3 Go de RAM
- carte graphique 3D (Nvidia GT 630 / AMD HD 6670 ou supérieur)
- port USB 2.0
- lecteur DVD

2 Installation

L’installation se fait en deux temps.

a) Installation du logiciel Tomodensitométrie

L’installation du logiciel a lieu soit

- automatiquement après l’insertion du CD-ROM, soit
- manuellement en lançant le fichier setup.exe

et en suivant les messages visualisés sur l’écran.

Si nécessaire, le .NET Framework 2.0 ainsi que Managed DirectX seront installés lors de l'installation du logiciel.

b) Installation du pilote vidéo USB

Un video grabber USB (module de capture de vidéos) est intégré dans le module de tomodensitométrie pour la conversion du signal vidéo analogique de la caméra (3). Le video grabber requiert l'installation d'un pilote disponible sur le CD dans le sous-répertoire Driver.

Suivant le video grabber intégré, il y a ici un programme d'installation démarrable (par ex. Driver\Setup.exe) ou le pilote vidéo proprement dit (par ex. Video.inf).

Dans le premier cas, le programme d'installation (par ex. Driver\Setup.exe) devra être exécuté *avant* de raccorder le module de tomodensitométrie au PC. Dans le deuxième cas, Windows se charge de chercher le pilote sur le CD *après* le raccordement et la mise en route du module de tomodensitométrie.

Si vous souhaitez utiliser un autre video grabber, celui-ci peut alors être branché à la sortie vidéo analogique (7) du module de tomodensitométrie. De tels video grabbers requièrent eux aussi un pilote installé qui met à disposition un filtre DirectShow par le biais duquel le logiciel Tomodensitométrie accède aux données vidéo.

Important : même si le video grabber interne n'est pas utilisé, le module de tomodensitométrie doit tout de même être relié à l'ordinateur par un câble USB.



Le gestionnaire du matériel de Windows avec un video grabber installé correctement (ici USB 2820 Video). En cas de problèmes, il est possible de désinstaller le pilote ou de l’actualiser par clic droit.

LD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Fax (02233) 604-222 · e-mail: info@ld-didactic.de

3 Manuel utilisateur

Une fois le logiciel installé, le manuel utilisateur qui l'accompagne est disponible en version PDF sous Démarrer → Programmes → Tomodensitométrie. Le programme Adobe Reader est nécessaire pour la lecture et l'impression du manuel utilisateur. Celui-ci est téléchargeable gratuitement depuis le site http://www.adobe.com.

Ce manuel utilisateur doit donner un aperçu des possibilités offertes par le logiciel Tomodensitométrie. Le texte est le même que celui des aides accessibles à tout moment dans le programme par simple clic avec la souris.

4 Utilisation

L'installation étant terminée, le logiciel Tomodensitométrie est accessible sous Démarrer → Programmes → Tomodensitométrie.

Une description détaillée des fonctions du programme est fournie dans le manuel utilisateur mis ici à disposition ainsi que dans l'aide incluse au programme.

Préparatifs

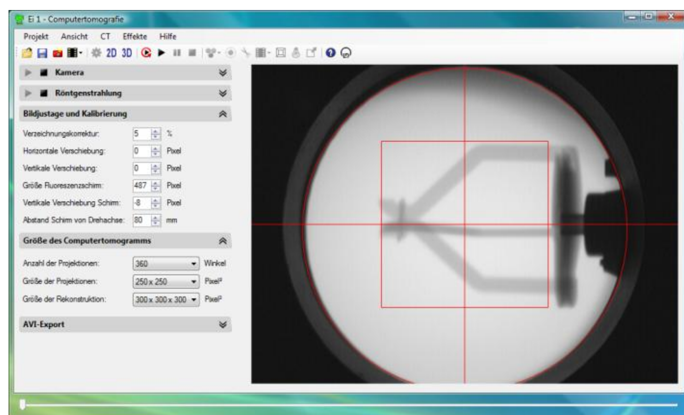
- Installer le tube à rayons X, W, Au, Mo ou Ag (tungstène, or, molybdène, argent) dans l'appareil à rayons X.
- Enlever le collimateur, le porte-capteur et le porte-cible de l'appareil à rayons X
- Pousser le goniomètre complètement vers la droite et le fixer. Si le goniomètre est trop à gauche, le volume reconstructible diminue.
- Fixer l'objet soumis à l'examen sur l'axe du goniomètre puis fermer les portes
- Connecter le module de tomodensitométrie à l'appareil à rayons X et à l'ordinateur via le port USB et mettre les appareils en marche
- Lancer le logiciel Tomodensitométrie

Mise en service

Le scanner doit être réajusté avant sa toute première utilisation et chaque fois qu'il sera déplacé. Pour ce faire, le porte-objet vide peut très bien servir d'objet à examiner dans la mesure où les trois griffes sont attachées avec un élastique.

Les possibilités de réglage sont réparties en six champs (caméra, rayonnement X, …) déroulables avec ⌄.

- La caméra dans le module de tomodensitométrie doit enregistrer des images sombres. Cela se reconnaît au clignotement du point rouge (●) dans les réglages de la caméra. Si tel n'est pas le cas, vérifier les connexions, l'appareil vidéo et l'entrée vidéo dans les **réglages de la caméra**.
- Si de la lumière s'infiltre dans le module de tomodensitométrie, vérifier le positionnement du module et au besoin, rapprocher celui-ci de l'appareil à rayons X.
- Si l'image noire de la caméra est parsemée de points clairs gênants, il est possible de les supprimer moyennant une liste de pixels défectueux dans les **réglages de la caméra**. Une correction de champ plat serait ici également possible, mais elle n'est en principe pas nécessaire. Pour ce faire, il conviendrait de retirer temporairement l'objet soumis à l'examen et d'enclencher le rayonnement X.
- Pour que les images de la caméra soient moins brouillées, elles sont réalisées à partir d'une moyenne. Dans les **réglages de la caméra**, la moyenne préréglée est de 20 trames vidéo par image visualisée. L'acquisition d'une image dure ainsi à peine une seconde. En cas d'utilisation du tube à rayons X, Mo ou Ag, il est recommandé d'augmenter le nombre de trames prises en compte dans la moyenne parce que le tube génère un rayonnement X nettement moins important que le tube à rayons X, W ou Au.
- Enclencher le **rayonnement X** avec ▶.
- Contrôler la luminosité et la netteté de l'image. Le diaphragme de l'objectif de la caméra doit être entièrement ouvert et l'objectif doit être parfaitement mis au point sur la couche lumineuse. La couche lumineuse est située derrière la surface en verre.
- Procéder à **l'ajustage de l'image et au calibrage**. Les paramètres réglés ici sont mémorisés et sont à nouveau disponibles au prochain lancement du logiciel. Si l'ajustage de l'image et le calibrage ont été effectués avec succès et que le montage expérimental n'a pas été modifié, il n'est alors pas nécessaire de renouveler les réglages.
- La **correction de la distorsion** supprime la distorsion en forme de barillet qui survient traditionnellement avec les objectifs de caméra à courte distance focale. Elle est préréglée sur 5%. Cette valeur se vérifie et se corrige s'il y a lieu en plaçant une feuille de papier à carreaux devant l'ouverture du module de tomodensitométrie.
- Le **décalage horizontal** du pointeur rouge en croix (croix de visée) est réglé de manière à ce qu'à l'horizontale, il soit bien au centre de l'écran fluorescent. Si le décalage est plus important, il convient alors de vérifier le montage de la caméra dans le module de tomodensitométrie.
- Le **décalage vertical** du pointeur rouge en croix du milieu de l'axe de rotation devrait être égal à 0. Il est recommandé de corriger le décalage par rapport à l'axe de rotation à l'aide d'une correction de l'axe de rotation (voir ci-dessous).
- Pour un calibrage en longueur du scanner, la **taille de l'écran fluorescent** doit être réglée de manière à ce que le cercle rouge délimite exactement l'écran fluorescent visualisé. Si ceci n'est pas vraiment possible, le **décalage vertical de l'écran** peut alors être adapté en conséquence. Le décalage horizontal a déjà été réglé.
- L'indication de la **distance écran - axe de rotation** est elle aussi nécessaire pour le calibrage en longueur du scanner. La distance conseillée de 80 mm correspond à un goniomètre complètement décalé vers la droite.
- Régler la **taille de la série d'images TDM** sur 180 projections pour des projections de 320x320 pixels² et des reconstructions de 256x256x256 pixels³.
- Sélectionner **Balayage TDM → Lancer l'acquisition scanner**, donner un nom au projet et attendre le balayage. Pendant le balayage TDM, il est possible de passer d'une représentation en 2D à une représentation en 3D. Le balayage étant fini, la correction de l'axe de rotation est dans la représentation en 2D.

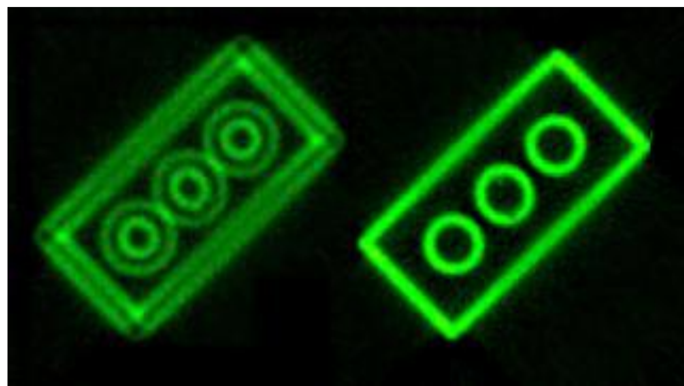


Un module de tomodensitométrie ajusté avec porte-objet vide.

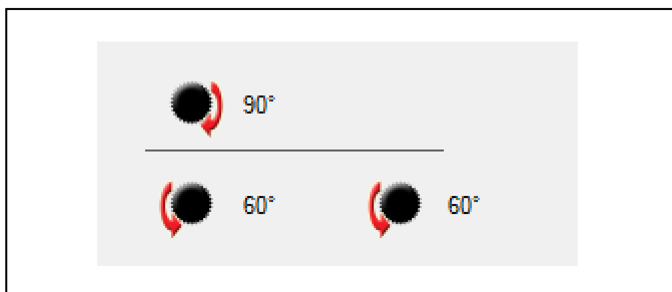
Correction (déroulable avec)

Après l'acquisition scanner, l'axe de rotation peut être corrigé à la position réglée pour le plan z (grande barre à coulisse). Un axe de rotation incorrect se traduit par des images fantômes dans la série d'images. Ces images fantômes peuvent être évitées par une correction de l'axe de rotation :

- Effectuer une correction de l'axe de rotation pour z = 25% (bord gauche) et sélectionner **1ère position**. Ensuite, le logiciel essaie d'optimiser automatiquement la netteté de l'image de ±3 pixels. S'il échoue, ajuster manuellement puis resélectionner **1ère position**.
- Effectuer une correction de l'axe de rotation pour z = 75% (bord droit)) et sélectionner **2ème position**. Ensuite, le logiciel essaie d'optimiser automatiquement la netteté de l'image de ±3 pixels. S'il échoue, ajuster manuellement puis resélectionner **2ème position**.
- Régler les vis d'ajustage du chariot de positionnement de précision ou du module de tomodensitométrie conformément au croquis affiché.
- Acquérir de nouvelles coupes avec **Balayage TDM → Lancer l'acquisition scanner**.
- Au plus tard après la deuxième correction, aucune autre correction de l'axe de rotation ne devrait plus être nécessaire.



Une brique lego avec un axe de rotation incorrect et correct.



Croquis d'ajustage avec données pour la correction manuelle de l'axe de rotation. Dans ce cas, les vis moletées avant doivent être tournées de 60° vers la gauche et la vis moletée arrière doit être tournée de 90° vers la droite.

Acquisition scanner

- Suivant la qualité souhaitée et le temps prévu, choisir le nombre et la taille des projections ainsi que la taille des reconstructions. Les projections doivent toujours être un peu plus grandes que les reconstructions. Il est recommandé de commencer tout d'abord par moins d'angles et de plus petites reconstructions. C'est seulement après s'être assuré que la caméra est bien ajustée qu'il est possible d'augmenter les valeurs réglées. Le temps de mesure ainsi gagné est considérable.
- Lancer l'acquisition scanner. Le temps d'acquisition encore restant est affiché en haut à droite.

Exploitation

Les possibilités d'exploitation disponibles dans la vue en 3D sont nombreuses :

- rotation du volume
- zoomage du volume
- réglage de l'intensité, de la transparence et du dégradé
- représentation de plans de coupe 2D
- mesure de la distance dans un plan de coupe 2D
- détermination des coefficients d'atténuation μ et des nombres CT H
- animation autour de l'axe de rotation ou avec la souris, par ex. pour la réalisation de films
- visualisation des arêtes du cube
- lumière avec réglage des paramètres de lumière
- représentation stéréoscopique pour les lunettes rouge et cyan
- plein écran

Pour davantage d'informations sur les possibilités d'exploitation, veuillez consulter le manuel utilisateur ou l'aide du programme.

Réglages graphique 3D

Notamment avec les vieilles cartes graphiques, il peut s'avérer judicieux d'améliorer le taux de rafraîchissement par des réglages graphique 3D appropriés.

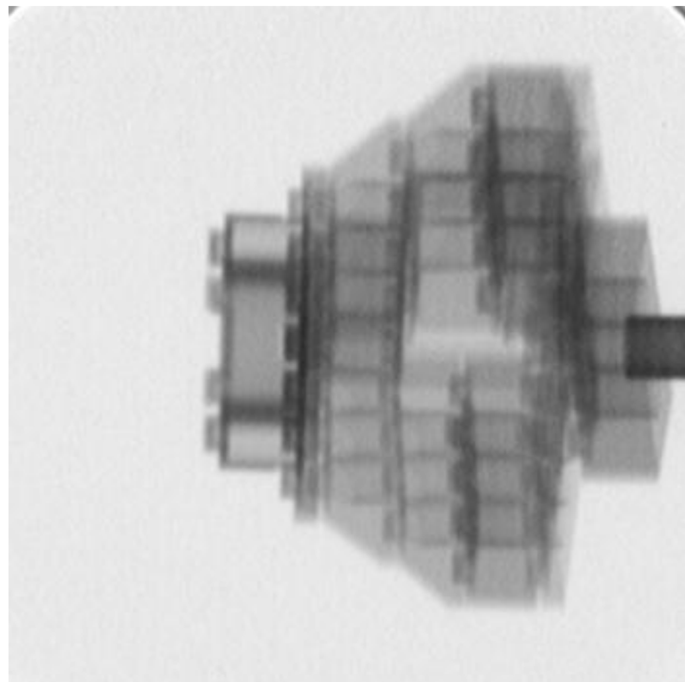
Pour davantage d'informations sur les réglages graphique 3D, veuillez consulter le manuel utilisateur ou l'aide du programme.

5 Exemples

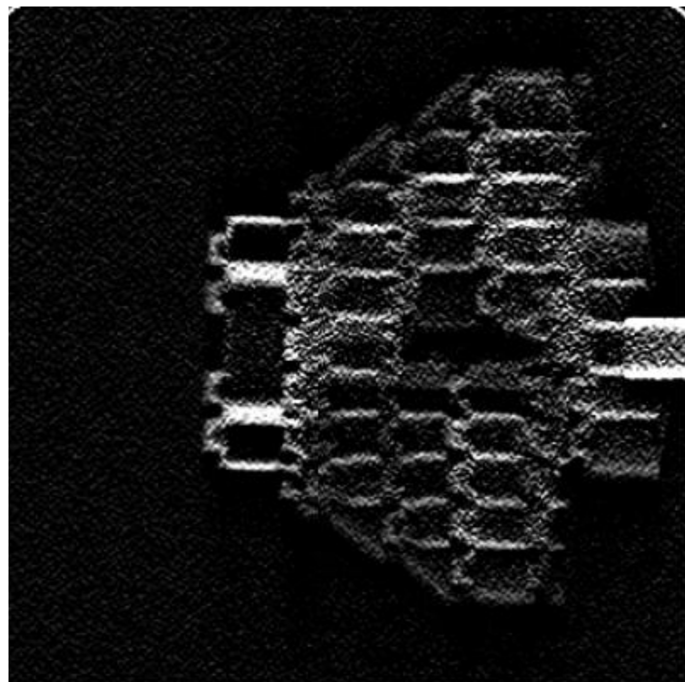
Balayage TDM de briques lego

L'adaptateur lego (554 825, disponible en tant qu'accessoire) permet de soumettre toutes les petites constructions en legos à un examen tomodensitométrique.

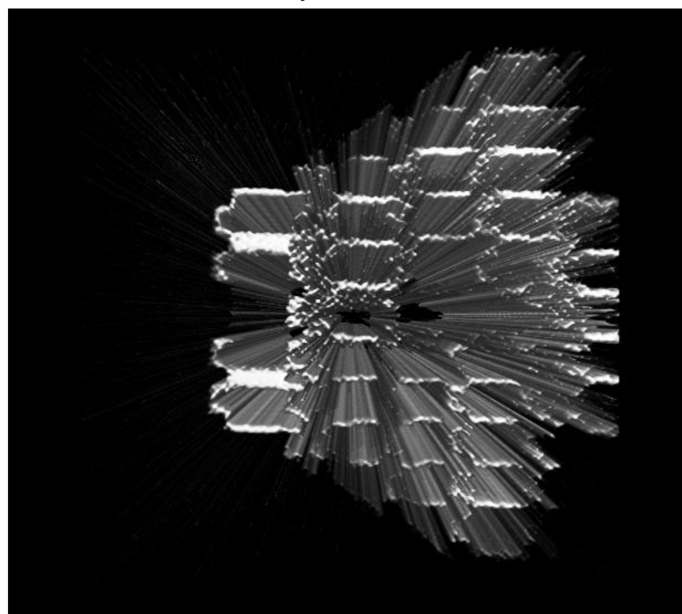
L'écran fluorescent montre la projection de l'objet examiné sous l'angle réglé :



La tomodensitométrie recourt à la « rétroprojection filtrée » pour chaque angle en vue de la reconstruction du volume complet. Logarithmisée et non filtrée, la projection ci-dessus à l'aspect suivant :

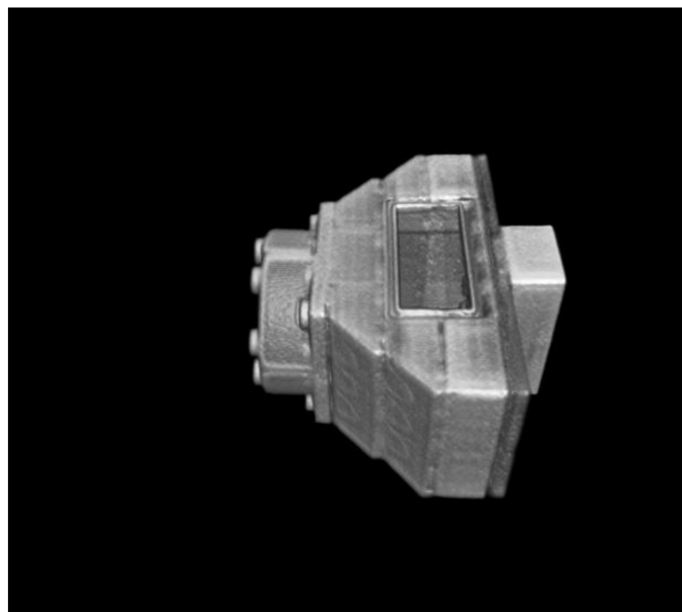


Rétroprojectée sur le cône de rayonnement vers la source de rayons X, on obtient le volume de reconstruction 3D illustré ci-dessous après la première rétroprojection. Afin de montrer le volume dans la même direction que les projections, il a été tourné de 90° de manière à ce que le regard soit tourné en direction de la source de rayons X.



Pendant que les projections sont acquises et rétroprojetées sous tous les angles, le processus de reconstruction peut être suivi au choix en 2D ou 3D.

Dans cet exemple, la reconstruction est complète après l'acquisition de 360 projections sous 360 angles et 360 rétro-projections ajoutées dans le volume de reconstruction. La reconstruction est à nouveau montrée sous le même angle que les illustrations précédentes.



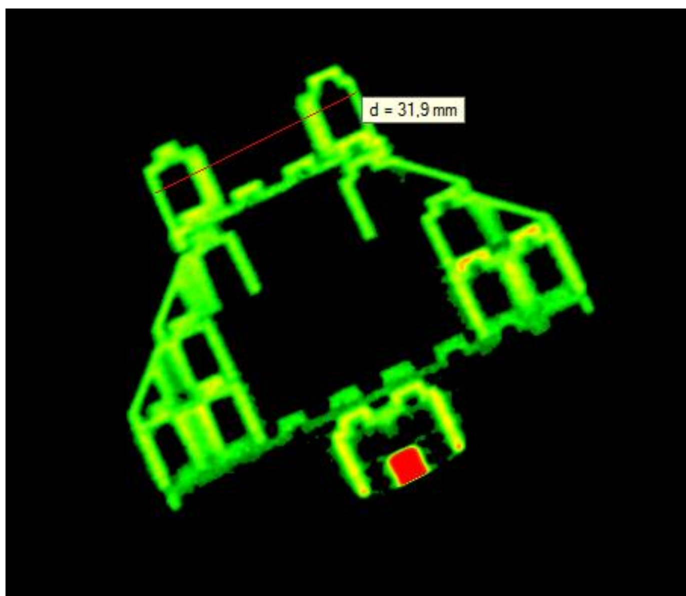
Remarque : la perspective des projections est inversée. Dans une projection, les pièces les plus proches de la source de rayons X jettent l'« ombre » la plus grande. Dans une reconstruction sous cet angle, ces pièces sont plus en arrière et représentées plus petites.

Pendant ou après le processus de reconstruction, il est par exemple possible de tourner la représentation, de la zoomer et de l'éclairer.

Pour une meilleure illustration des différents coefficients d'atténuation μ, la gamme des coefficients d'atténuation représentés peut être placée dans des spectres de couleurs sélectionnables. Ce faisant, si on désactive la vision normale dans le menu, on renonce alors à l'utilisation des tons rouge et vert.



Des plans de coupe quelconques peuvent être représentés et mesurés :

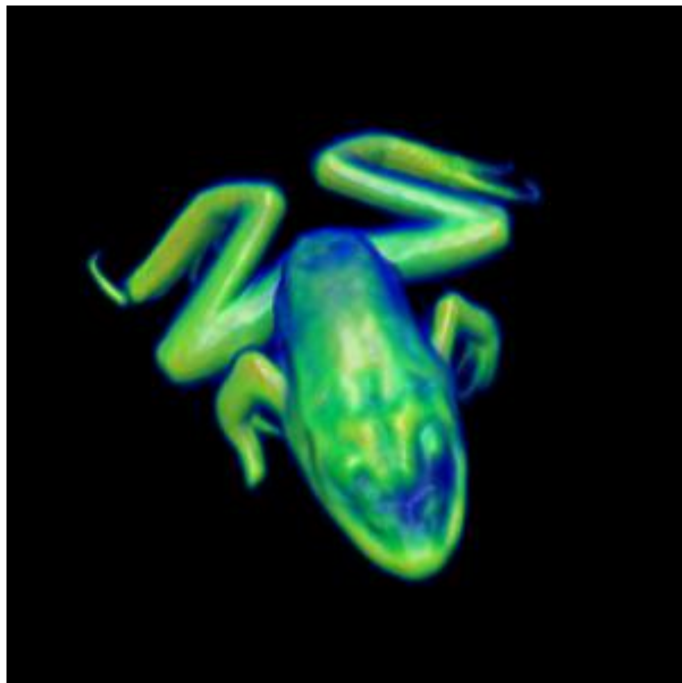


Balayage TDM d'une grenouille

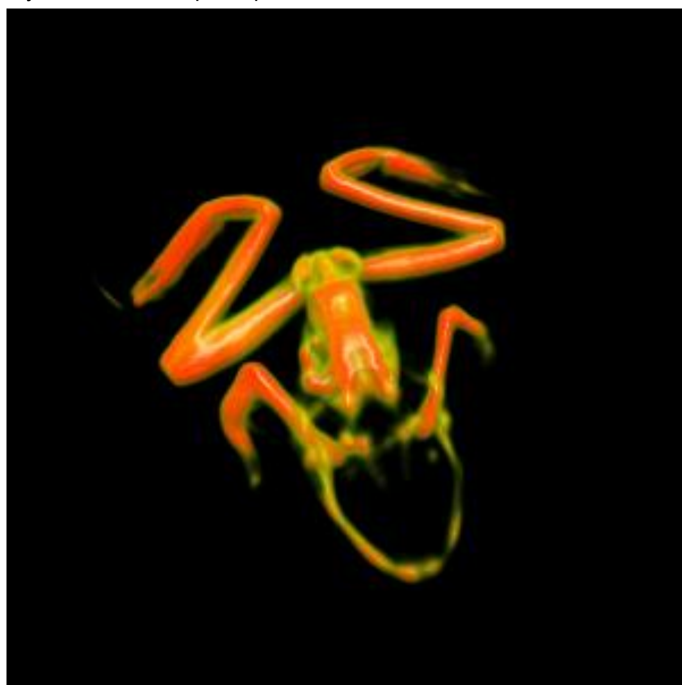
Si on place une grenouille lyophilisée dans le porte-objet fourni, support en polystyrène inclus, et que l'on rembourre les interstices restants avec de l'ouate, la grenouille est alors stabilisée et ne bouge plus dans son support pendant le balayage TDM.

Le support en polystyrène ne se voit pas lors du balayage TDM. Il se peut par contre, suivant l'intensité réglée, que l'ouate occasionne des traînées sombres auquel cas la limite gauche de la barre des couleurs en dessous de l'histogramme peut être légèrement décalée vers la droite. Les éléments volumiques avec des coefficients d'atténuation μ plus faibles ne sont ensuite plus représentés et l'ouate devient invisible.

Les trois griffes de préhension et l'élastique de fixation sont en principe visibles. Il est toutefois possible de parvenir à ce qu'ils soient en grande partie hors du volume de reconstruction par un choix approprié de la taille de la reconstruction.



Si on déplace le curseur de réglage de l'intensité de gauche à droite les domaines volumiques avec de faibles coefficients d'atténuation μ sont de plus en plus invisibles jusqu'à ce qu'il n'y ait finalement plus que les os de visibles.



Dureté du rayonnement X

Le coefficient d'atténuation µ de l'eau est nécessaire pour convertir les coefficients d'atténuation mesurés en nombres CT. Il est préréglé avec μ_{eau} = 0,45 /cm mais il n'est malheureusement pas constant (voir Remarque). Les nombres CT H se calculent à partir des coefficients d'atténuation µ mesurés par

$H = 1000 * (\mu - \mu_{eau}) / \mu_{eau}$.

Le nombre CT de l'air est ainsi H = -1000 HU (unités de Hounsfield) et celui de l'eau H = 0 HU.

Remarque

La valeur allouée de 35 kV entraîne un spectre d'énergie polychromatique fonction du matériau utilisé pour l'anode qui s'étend jusqu'à 35 keV. La base de l'algorithme de reconstruction est l'atténuation du rayonnement X au passage à travers la matière d'une épaisseur d avec le coefficient d'atténuation µ :

$I = I_0 * e^{-\mu d}$.

Le coefficient d'atténuation µ dépend cependant de l'énergie, ce pour quoi l'équation est seulement valable pour un rayonnement X monochromatique. Un rayonnement X plus énergétique est en règle générale moins atténué.

Pour observer cet effet, il suffit de radiographier un récipient rempli d'eau, d'épaisseur variable. Plus il y a d'eau qui atténue le rayonnement X, plus l'énergie moyenne du rayonnement X qui en sort est importante parce que les faibles composantes énergétiques sont plus fortement atténuées que les fortes composantes énergétiques. L'eau durcit donc le rayonnement X.

C'est ainsi que plus la quantité d'eau radiographiée est grande, plus le coefficient d'atténuation µ mesuré est faible. Du reste, le coefficient d'atténuation mesuré dépend du matériau de l'anode du tube, de l'épaisseur de la fenêtre de sortie et de la haute tension réglée.

Tous ces effets n'ont pas été corrigés dans le logiciel, raison pour laquelle les nombres CT visualisés dépendent par ex. aussi légèrement de l'épaisseur du matériau radiographié.

Détermination de la dureté du rayonnement

Le coefficient effectif μ_{eau} est assez facile à déterminer. Pour ce faire, on prend comme objet une cuve en plastique fermée, entièrement remplie d'eau et donc sans aucune bulle.

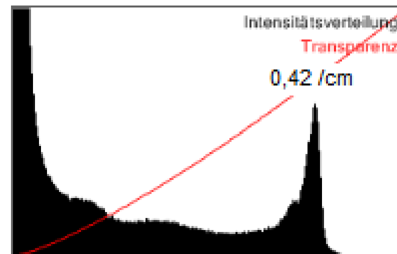
Ensuite, on procède au balayage TDM de la cuve d'eau avec l'anode W et l'anode Mo ou bien avec différentes hautes tensions. Pour obtenir de meilleures informations quantitatives sur les coefficients d'atténuation, il est recommandé d'effectuer une correction de champ plat dans les réglages de la caméra avant l'acquisition d'une série d'images TDM. Pour ce faire, on réalise tout d'abord une radiographie vide (sans objet ni porte-objet) d'après laquelle toutes les images acquises ultérieurement seront normalisées. Le fond de toutes les projections est ainsi toujours uniformément blanc.

Dans la représentation en 3D, c'est surtout l'histogramme de la distribution des coefficients d'atténuation qui présente un certain intérêt. Dans cet histogramme, on voit le volume d'eau et on peut lire le coefficient d'atténuation µ moyen. La valeur de µ est affichée en haut à droite au-dessus de la présentation en 3D.

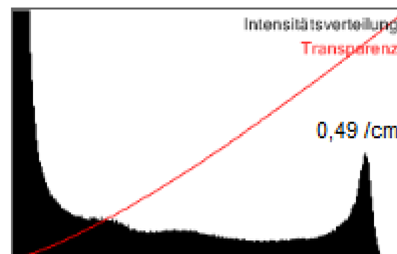
C'est seulement lorsque le coefficient µ ainsi déterminé est indiqué dans les réglages du rayonnement X que les nombres CT H sont intéressants. Ainsi que précisé plus haut, les nombres CT visualisés dépendent aussi un peu de l'épaisseur du matériau irradié.



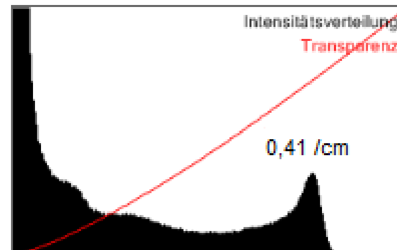
Cuve d'eau



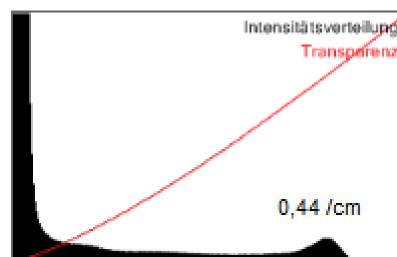
µ, mesuré avec W (35 kV)



µ, mesuré avec W (30 kV)



µ, mesuré avec Mo (35 kV)



µ, mesuré avec Mo (30 kV)

Plus le rayonnement est dur, plus le coefficient d'atténuation μ_{eau} mesuré est faible.

Normalement, on devrait s'attendre à ce que le rayonnement soit plus dur pour le tube W que pour le tube Mo. S'il n'en est pas ainsi, c'est que le tube Mo a une fenêtre de sortie plus épaisse qui contrecarre cet effet du fait qu'elle durcit elle aussi le rayonnement X.

6 Simulation

Le CD d'installation contient quelques exemples de séries d'images tomodensitométriques acquises sauvegardés dans le sous-répertoire Examples. Pour des raisons de place, ils n'ont pas été installés automatiquement avec le programme. Si vous souhaitez copier l'une de ces séries d'images sur votre disque dur, alors n'oubliez pas qu'une série d'images complète se compose de plusieurs fichiers :

- *Nom du projet*.ct contient la configuration
- *Nom du projet*.ct3d contient les données 3D proprement dites
- *Projections\Nom du projet* est un répertoire dans lequel se trouvent les projections acquises. Les projections ne sont nécessaires que si la série d'images doit être recalculée.

Ces exemples peuvent être simulés par le biais de ▶ Balayage TDM → Recalculer les coupes même sans le module de tomodensitométrie puis visualisés en 2D ou 3D et exploités. Une alternative consiste à visualiser et à exploiter les exemples après l'ouverture d'un projet sans recalculer quoi que ce soit.

Des vidéos (en partie aussi stéréoscopiques) consacrées à la tomodensitométrie sont disponibles sur notre canal YouTube http://www.youtube.com/user/lddidactic. Pour réaliser ses propres vidéos, il est recommandé d'utiliser l'export AVI du logiciel. Il est ensuite possible d'allouer des titres ou de couper les vidéos par ex. avec le Windows Movie Maker.

7 Types d'objets appropriés

Le logiciel laisse une grande liberté d'action à son utilisateur pour ce qui est de la réalisation de ses propres expériences compte tenu du fait qu'il est possible d'examiner une grande variété d'objets. Les critères à considérer pour le choix des objets sont les suivants :

- **Pas d'être vivant**
  La dose d'irradiation dans l'appareil à rayons X pendant un balayage TDM est très importante. Suivant la durée du balayage TDM, la dose d'irradiation émise peut être supérieure à 1 Sv.
- **Seulement des corps rigides**
  L'objet examiné doit être fixé au goniomètre et effectue un tour autour de l'axe du goniomètre pendant le balayage TDM. Ce faisant, sa géométrie ne doit pas changer. Il se forme sinon des ombres dans la reconstruction.
- **Pas de métaux, pas de substances très denses**
  L'algorithme de reconstruction suppose que l'atténuation du rayonnement X peut être calculée en tous points de l'écran fluorescent. Mais si cette atténuation est trop importante, il se produit alors des artefacts bien visibles lors de la reconstruction parce que les projections sur l'écran fluorescent présentent une certaine inconsistance.
- **Seulement de petits objets**
  Pour une reconstruction complète, les objets doivent rentrer dans le volume radiographié qui dépend de la distance entre le goniomètre et le tube à rayon et vaut en butée droite maximum 8 x 8 x 8 cm³.